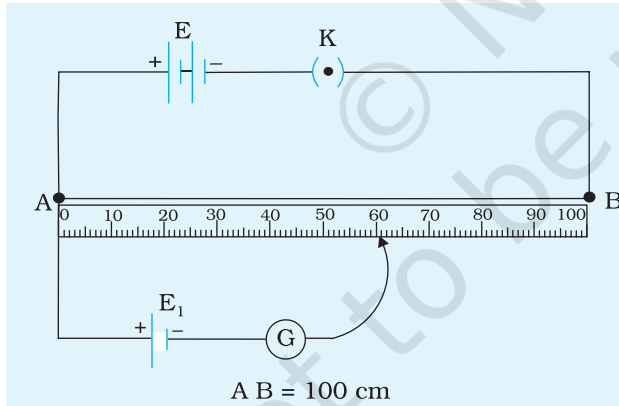
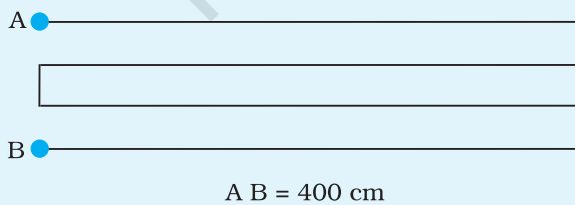
प्रयोग 4

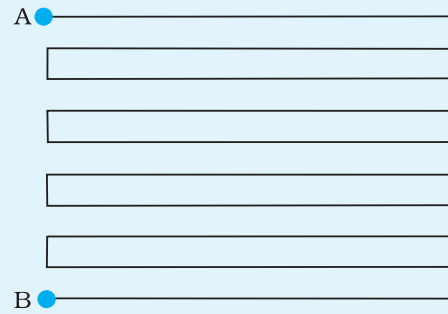
उद्देश्य

पोटेंशियोमीटर द्वारा दो प्राथमिक सेलों (डेन्यल तथा लैक्लांशे सेल) के विद्युत वाहक बल की तुलना करना।

आवश्यक उपकरण तथा सामग्री

पोटेंशियोमीटर, लेक्लांशे सेल, डेन्यल सेल, द्विपथ कुंजी, प्लग प्रकार का प्रतिरोध बॉक्स (0 से 1000Ω),गैलवनोमीटर (वेस्टन प्रकार), वोल्टमीटर (0-3 V) बैटरी निराकरक/संचायी सेल, कम प्रतिरोध का धारा नियत्रंक लगभग (20 Ω), एकदिशिक कुंजी-दो, संयोजी तार एवं रेगमाल।

उपकरण का वर्णन

पोटेंशियोमीटर

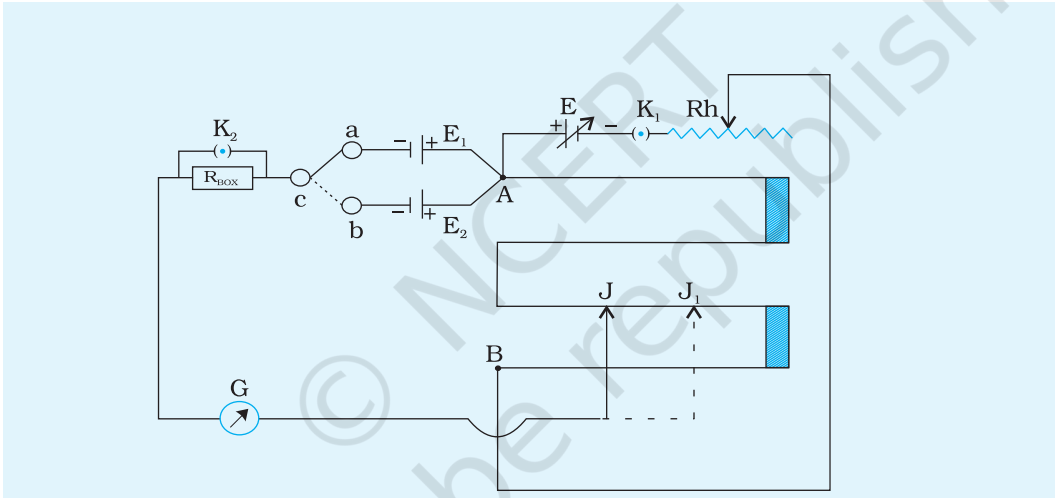
चित्र E 4.1(a) में दर्शाए अनुसार पोटेंशियोमीटर में एक लकड़ी के तख्ते पर एक समान मीटर पैमाने के अनुदिश निम्न प्रतिरोधकता ताप गुणांक का एक समान तार AB तना होता है। इसकी लंबाई प्रायः 100 cm होती है, परंतु उच्च यथार्थता के लिए यह 400 cm अथवा 1000 cm लंबे तार का भी बनाया जाता है। पोटेंशियोमीटर तार को प्रायः एक लकड़ी के तख्ते पर 100 cm पैमाने के बगल में व्यवस्थित किया जाता है।

चित्र *E 4.1 (a)*

चित्र *E 4.1 (b)*

चित्र *E 4.1 (c)*

कभी-कभी इस व्यवस्था को सुसंहत बनाने के लिए तार को चित्र 4.1(b) तथा चित्र 4.1(c) में दर्शाए अनुसार मोड़ दिया जाता है।

सिद्धांत

वोल्टमीटर द्वारा हम केवल किसी सेल के दो टर्मिनलों के मध्य विभवांतर ही माप सकते हैं, परंतु पोटेंशियोमीटर द्वारा हम दिये गये सेल की emf भी ज्ञात कर सकते हैं। जिन दो सेलों की emf की तुलना करनी होती है उन्हें परिपथ में इस प्रकार संयोजित करते हैं कि उनके धन टर्मिनलों को एक साथ पोटेंशियोमीटर तार AB के सिरे A तथा ऋण टर्मिनलों को द्विपथ कुंजी a,b,c से होते हुए गैलवनोमीटर के एक टर्मिनल से संयोजित करते हैं। गैलवनोमीटर के दूसरे टर्मिनल को जॉकी J से संयोजित करते हैं। द्विपथ कुंजी तथा गैलवनोमीटर G के बीच एक प्रतिरोध बॉक्स R_{BOX} भी संबद्ध होता है। इस बॉक्स को इसके टर्मिनलों के बीच एक कुंजी लगाकर शंटन कर दिया जाता है, जैसा कि चित्र E 4.2 में दर्शाया गया है।

चित्र E 4.2 दो प्राथमिक सेलों के विद्युत वाहक बल की तुलना करने के लिए परिपथ

E_1 तथा E_2 emf वाले दो प्राथमिक सेलों को बारी-बारी से गैलवनोमीटर G से होकर सर्पी संपर्क J से द्विपथ कुंजी a,b,c द्वारा संयोजित करते हैं।

बैटरी E के श्रेणी क्रम में धारा नियंत्रक का उपयोग करके तार AB के दोनों सिरों के बीच एक स्थायी विभवांतर स्थापित किया जाता है; जिसमें सिरे A को सिरे B की अपेक्षा उच्च विभव पर रखा जाता है। ध्यान रहे emf $E >$ emf E_1 तथा emf E_2 रखी जानी है।

सेल E_1 को परिपथ में संयोजित द्विपथ कुंजी के अंतराल 'a c' को बंद कीजिए। गैलवनोमीटर में शून्य विक्षेप स्थिति प्राप्त करने के लिए जॉकी पोटेंशियोमीटर तार पर सरकाइए। मान लीजिए यह स्थिति J पर प्राप्त होती है। AJ का मान l_1 cm नोट कीजिए। इसी प्रकार अंतराल 'b c' को बंद करके तथा जॉकी को तार पर सरकाकर शून्य विक्षेप की स्थिति J_1 प्राप्त कीजिए। लंबाई AJ_1 को l_2 cm नोट कीजिए।

अब, पोटेंशियोमीटर के सिद्धांत के अनुसार जब किसी एक समान मोटाई या पदार्थ के तार से धारा प्रवाहित होती है तो तार के किन्हीं दो बिंदुओं के बीच विभवांतर उन बिंदुओं के बीच की तार लंबाई के अनुक्रमानुपाती होता है। इस प्रकार

$$V \propto l \quad \text{(E 4.1)}$$

$$V = \phi\, l \quad \text{(E 4.2)}$$

यहाँ ϕ विभव प्रवणता है।

ϕ का मान कम करने के लिए तार की लंबाई में वृद्धि कर देते हैं। ϕ का निम्न मान होने पर पोटेंशियोमीटर अधिक सुग्राही तथा यथार्थ बन जाता है। दो सेलों के प्रकरण में

$$E_1 = \phi\, l_1$$

$$E_2 = \phi\, l_2$$

यहाँ E_1 तथा E_2 दो सेलों की emf है, तथा l_1 तथा l_2 , E_1 व E_2 के परिपथ में संयोजित होने पर क्रमशः शून्य विक्षेप स्थितियों पर तार की संतुलन लंबाइयाँ हैं। ϕ पोटेंशियोमीटर तार की लंबाई के अनुदिश विभव प्रवणता है।

$$E_1/E_2 = \phi l_1/\phi l_2 = l_1/l_2$$

कार्यविधि

1. चित्र E. 4.2. के अनुसार परिपथ संयोजन बनाइए। बैटरी E तथा दोनों सेल E_1 एवं E_2 के धन टर्मिनलों को पोटेंशियोमीटर तार के शून्य सिरे पर संबद्ध कीजिए।
2. बैटरी E के ऋण टर्मिनल को पोटेंशियोमीटर के सिरे B से एक धारा नियंत्रक तथा एक दिशिक कुंजी K_1 से होते हुए संयोजित कीजिए।
3. E_1 व E_2 सेलों के ऋण टर्मिनल को द्विपथ कुंजी 'a' व 'b' टर्मिनलों से संयोजित कीजिए।
4. प्रतिरोध बॉक्स R_{BOX} को एक कुंजी K_2 के द्वारा शंटित कीजिए। द्विपथ कुंजी के उभयनिष्ठ टर्मिनल को प्रतिरोध बॉक्स R_{BOX} से संयोजित कीजिए।
5. प्रतिरोध बॉक्स के दूसरे सिरे को गैलवनोमीटर के एक टर्मिनल से जोड़िए। गैलवनोमीटर का दूसरा सिरा एक जॉकी से संयोजित कीजिए। जॉकी को गैलवनोमीटर में शून्य विक्षेप की स्थिति प्राप्त करने के लिए पोटेंशियोमीटर तार पर सरकाया जा सकता है।
6. सेल E_1 को अंतराल `a' तथा `c' के बीच प्लग लगाकर परिपथ में संयोजित कीजिए।
7. कुंजी K_2 को खोल दीजिए। धारा नियंत्रक को निम्नतम प्रतिरोध पर व्यवस्थित कीजिए। प्रतिरोध बॉक्स से उच्चतर प्रतिरोध (1000 ओम की कोटि का लगभग) निकालिए। पोटेंशियोमीटर तार के शून्य शीर्ष पर जॉकी को स्पर्श कराइए। गैलवनोमीटर में विक्षेप की दिशा नोट कीजिए।

8. अब जॉकी को तार के दूसरे सिरे के निकट ले जाकर स्पर्श कराइए। नोट कीजिए गैलवनोमीटर की सुई के विक्षेप की दिशा 7 के विपरीत है या नहीं।

9. यदि गैलवनोमीटर की सुई का विक्षेप उपरोक्त दोनों स्थितियों में विपरीत दिशा में होता है तो संयोजन सही है। यदि नहीं, तो कारण का पता लगाइए। संयोजन ढीले हो सकते हैं या बैटरी का emf E सेल E_1 व E_2 से कम हो सकता है। जैसा परिवर्तन आवश्यक है कीजिए।

10. जॉकी को पोटेंशियोमीटर तार पर धीरे से तब तक सरकाइए जब तक गैलवनोमीटर में शून्य विक्षेप स्थिति प्राप्त न हो जाए। कुंजी K_2 को लगाकर शून्य विक्षेप की यथार्थ स्थिति प्राप्त कीजिए। प्रतिरोध बॉक्स द्वारा लगाया गया प्रतिरोध गैलवनोमीटर से प्रवाहित धारा को सीमित कर देता है। शून्य विक्षेप स्थिति के निकट गैलवनोमीटर से प्रवाहित धारा कम होती है, कुंजी K_2 को बंद करने पर प्रतिरोध लघुपथित हो जाते हैं, फलस्वरूप विद्युत धारा में वृद्धि हो जाती है। इससे शून्य विक्षेप स्थिति के संसूचन की सुग्रहिता में सुधार हो जाता है।

    तार की लंबाई AJ मापकर इसे l_1 के रूप में लिखिए। जॉकी को विपरीत दिशा में सरकाते हुए शून्य विक्षेप स्थिति के संसूचन को दोहराइए तथा l_1 का दूसरा मान नोट कीजिए।

11. इसके पश्चात् प्लग को अंतराल 'b' तथा 'c' के बीच लगाकर E_2 को परिपथ में लाइए। l_1 की ही भाँति शून्य विक्षेप स्थिति J_1 ज्ञात करके लंबाई AJ_1 को l_2 के रूप में लिखिए।

12. धारा नियंत्रक के संपर्क बिंदु को तीन बार स्थानांतरित करके चरण 6-11 को दोहराइए तथा E_1 व E_2 के प्रत्येक पाठ्यांकों के लिए l_1/l_2 के मान परिकलित कीजिए।

13. अपने प्रेक्षणों को तालिकाबद्ध कीजिए।

प्रेक्षण

1. पोटेंशियोमीटर बोर्ड पर तारों की संख्या = ...
2. वोल्टमीटर का परिसर = 0...V से ... V तक
3. वोल्टमीटर का अल्पतमांक = ...V
4. E के सिरों पर विभवपात = ...V
5. E_1 के सिरों पर विभवपात = ...V
6. E_2 के सिरों पर विभवपात = ...V

तालिका E 4.1: संतुलन लंबाई

क्र. स.	l_1 सेमी लेकलांशे सेल (E_1) परिपथ में			l_2 सेमी डैनियल सेल (E_2) परिपथ में			अनुपात $\frac{E_1}{E_2} = \frac{l_1}{l_2}$	$\Delta\left(\frac{E_1}{E_2}\right)$
	जॉकी एक दिशा में गतिशील है (i)	जॉकी विपरीत दिशा में गतिशील है (ii)	औसत	जॉकी एक दिशा में गतिशील है (i)	जॉकी विपरीत दिशा में गतिशील है (ii)	औसत		
1								
2								
3								
4								
						औसत		

परिकलन

पाठ्यांकों के प्रत्येक समुच्चय के लिए l_1/l_2 परिकलित कीजिए।

(E 4.3)
$$\frac{\Delta\left(\frac{E_1}{E_2}\right)}{\left(\frac{E_1}{E_2}\right)} = \frac{\Delta l_1}{l_1} + \frac{\Delta l_2}{l_2}$$

(E 4.4)
$$\therefore \Delta\left(\frac{E_1}{E_2}\right) = \left(\frac{\Delta l_1}{l_2} + \frac{\Delta l_2}{l_2}\right)\left(\frac{E_1}{E_2}\right)$$

Δl_1 तथा Δl_2 क्रमशः l_1 तथा l_2 के मापन में त्रुटि निरूपित करता है।

प्रेक्षण के चारो सेट के लिए $\frac{\Delta E_1}{E_2}$ परिकलित कीजिए तथा परिणाम में इन चार मानों के अधिकतम को आकलित त्रुटि के रूप में प्रस्तुत कीजिए।

परिणाम

लेक्लांशे सेल तथा डेन्यल सेल के लिए emf का अनुपात है

$$\frac{E_1}{E_2} \pm \Delta \frac{E_1}{E_2}_{max.} = ... \pm ...$$

$\frac{E_1}{E_2}$ दो सेलों के emf के अनुपात का औसत मान है।

सावधानियाँ

1. प्रतिरोध बॉक्स के प्लगों को कुंजियों में लगाते समय अच्छा वैद्युत संपर्क सुनिश्चित करना चाहिए।
2. पोटेंशियोमीटर तार पर जॉकी को धीरे से दबाना चाहिए ताकि तार में ऐंठन बनने से बचाव हो जाए।
3. दोनों सेलों को क्रमश: परिपथ में लाकर संतुलन लंबाई प्राप्त किये बिना धारा नियंत्रक के संपर्क को मत हिलाइए।

त्रुटियों के स्त्रोत

1. पोटेंशियोमीटर तार की अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल इसकी पूरी लंबाई पर सर्वत्र समान नहीं हो सकता है।
2. जिन दो सेलों के emf की तुलना की जाती है उन्हें निरंतर निरावेशित होने से बचाने के लिए जब E_1 व E_2 उपयोग में न हो रहे हों जब कुंजियों को खुला रखिए।
3. यदि पोटेंशियोमीटर तार बोर्ड पर लगे पैमाने के अनुदिश तना हुआ नहीं है तो लंबाई मापने में त्रुटि हो सकती है।
4. बहु-कुंजियों वाली जॉकी का हो सकता है कि पैमाने के साथ यथार्थ संरेखण न हो।

परिचर्चा

1. विद्युत धारा के कारण तार को गर्म होने से बचाने के लिए तार में अधिक समय तक विद्युत धारा प्रवाहित नहीं करनी चाहिए।
2. बैटरी का विद्युत वाहक बल E दोनों प्राथमिक सेलों की विद्युत वाहक बल E_1 तथा E_2 से अधिक होनी चाहिए ताकि तार पर शून्य विक्षेप स्थिति प्राप्त हो सके।
3. उच्च प्रतिरोध बॉक्स का उपयोग इसलिए किया जाता है कि विद्युत धारा निम्न रहे जिसके कारण गैलवनोमीटर की कुंडली क्षतिग्रस्त न हो।

4. शून्य विक्षेप स्थिति ज्ञात करते समय जॉकी की स्थितियों का एक लघु परिसर (एक स्थिति के स्थान पर) प्राप्त हो सकता है जिसमें गैलवनोमीटर में कोई सुस्पष्ट विक्षेप न दिखाई दे। ऐसे प्रकरण में, इस परिसर का मध्य बिंदु ही शून्य विक्षेप स्थिति का अच्छा आकलन हो सकता है।?

स्व-मूल्यांकन

1. बैटरी के दो टर्मिनलों के बीच संयोजित कोई वोल्टमीटर विभवांतर की माप करता है। यह विद्युत वाहक बल से किस प्रकार भिन्न होता है?
2. यदि आपके प्रायोगिक समायोजन में गैलवनोमीटर की सुई हिलती रहती है तो आप क्या निष्कर्ष निकालेंगे ?
3. सेलों के विभवांतरों का अनुपात ज्ञात करने के लिए एक वोल्टमीटर का उपयोग कीजिए। क्या यह अनुपात इन सेलों के विद्युत वाहक बल के अनुपात से बहुत अधिक भिन्न है? यदि नहीं, तो इससे आप क्या निष्कर्ष निकाल सकते हैं?

सुझाए गये अतिरिक्त प्रयोग/कार्यकलाप

1. क्या पोटेंशियोमीटर के उपयोग द्वारा दो प्रतिरोधकों के प्रतिरोधों की तुलना की जा सकती है? यदि हां, तो इस प्रयोग को करने के लिए परिपथ आरेख बनाइये ।
2. l_1 को y-अक्ष पर तथा l_2 को x-अक्ष पर लेकर l_1 एवं l_2 में ग्राफ़ आलेखित कीजिए। ग्राफ़ की प्रवणता से $\dfrac{E_1}{E_2}$ का आकलन कीजिए।
3. बाजार में उपलब्ध सेलों की विद्युत वाहक बल की तुलना कीजिए तथा विभिन्न निर्माण के शुष्क सेलों के लिए स्तंभ ग्राफ़ आलेखित कीजिए।